

Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2001. – 332с.; 3. Турчин В.Т. Удосконалення методики визначення ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів / В.Т. Турчин, В.О. Пильов, А.П. Кузьменко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – № 2. – С. 30 – 35.; 4. Процессы в перспективных дизелях / [Шеховцов А.Ф., Ф.И. Абрамчук, Крутов В.И. и др.]; под ред. А.Ф. Шеховцова. – Х.: Изд-во «Основа», 1992. – 352 с. 5. Лоцаков В.А. Результаты расчетно-экспериментальных исследований влияния

оребрения охлаждаемой поверхности гильзы цилиндров на температурное состояние гильз и поршней дизелей ЯМЗ / П.А. Лоцаков // Двигателестроение. – 2000. – №1. – С. 57-58; 6. Марченко А.П. Дослідження впливу матеріалу гільзи швидкохідного дизеля на її температурний стан / А.П. Марченко, М.А. Прокопенко, В.О. Пильов, В.В. Шнаковський, І.Г. Пожидас // Двигатели внутреннего сгорания. – 2009. – № 2. – С. 51 – 53; 7.

УДК 620.179.15: 535.23 + 539.319

**А.Г. Кесарийский, канд. техн. наук, Ю.А. Постол, канд. техн. наук, В.В. Сатокин, инж.**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ГОЛОВКИ И БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

### Введение

Экономичное использование энергоресурсов и повышение экологичности тепловых машин представляет важную задачу современного двигателестроения, что неизбежно связано с проблемой совершенствования механических элементов двигателя. Особенно важной эта проблема является для узлов, соединяющих отдельные детали в единую конструкцию. Традиционно одним из наиболее сложных соединений тепловых поршневых двигателей является узел крепления блока и головки цилиндров. Сложность геометрической формы, наличие большого числа крепежных элементов, разнородные материалы уплотняющей прокладки и сопрягаемых деталей, а также комплексное воздействие механических и тепловых нагрузок, приводит к необходимости тщательной конструктивной проработки этих узлов. Особую актуальность эта проблема представляет при разработке двигателей Стирлинга, где рабочее давление в несколько раз превышает пиковое давление в традиционных ДВС.

Традиционно при разработке узла сопряжения блока и головки цилиндров используют стандартные методики назначения усилий затяжки, исходя из условия нераскрытия стыка, успешно применяемого для большинства фланцевых групповых резьбовых соединений (ГРС), например, химической аппаратуры. В то же время известно, что ГРС применяемые в двигателестроении имеют ряд существенных функциональных отличий от соединений, используемых в других отраслях техники. Как показано в работе [1], затяжка крепежа вносит существенные искажения в первоначально заданную форму прецизионных поверхностей зеркала цилин-

дра, что приводит к росту кинематических потерь, снижению ресурса и экономичности двигателя. Экспериментально установлено и то, что существующие технологические приемы сборки не обеспечивают оптимального характера соединения блока и головки цилиндров [2,3]. При явных различиях локальной жесткости головки и блока цилиндров в различных зонах расположения крепежных элементов, моменты затяжки устанавливаются равными. Очевидно, что назначение уровня затяжки всех крепежных элементов по уровню максимального необходимого усилия в одной зоне приводит к необоснованному росту массогабаритных характеристик двигателя и неоправданному повышению материалоемкости деталей. Решение этой проблемы может быть достигнуто путем применения высокотехнологичных методов расчетно-экспериментального исследования, например, голографической интерферометрии в сочетании с конечно-элементным математическим моделированием, как показано в работах [4,5]. Однако существует и другая важная проблема обеспечения надежности работы ГРС двигателя, которая существенно влияет на конструктивное совершенство всего изделия. Проблема эта состоит в рациональном выборе размещения на блоке цилиндров резьбовых отверстий для крепления головки двигателя.

### Экспериментальная часть

Экспериментальные исследования деформирования блока цилиндров ДВС при затяжке крепежа головки цилиндров позволили установить, что помимо существенного влияния усилий затяжки на деформацию зеркала цилиндра, происходит и значительное изменение пространственного положения оси резьбового крепежа. На рис.1 показаны

интерферограммы полей перемещений боковой поверхности блока цилиндров от затяжки крепежа головки цилиндров в геометрически подобных зонах различных ДВС, между вторым и третьим цилиндрами.

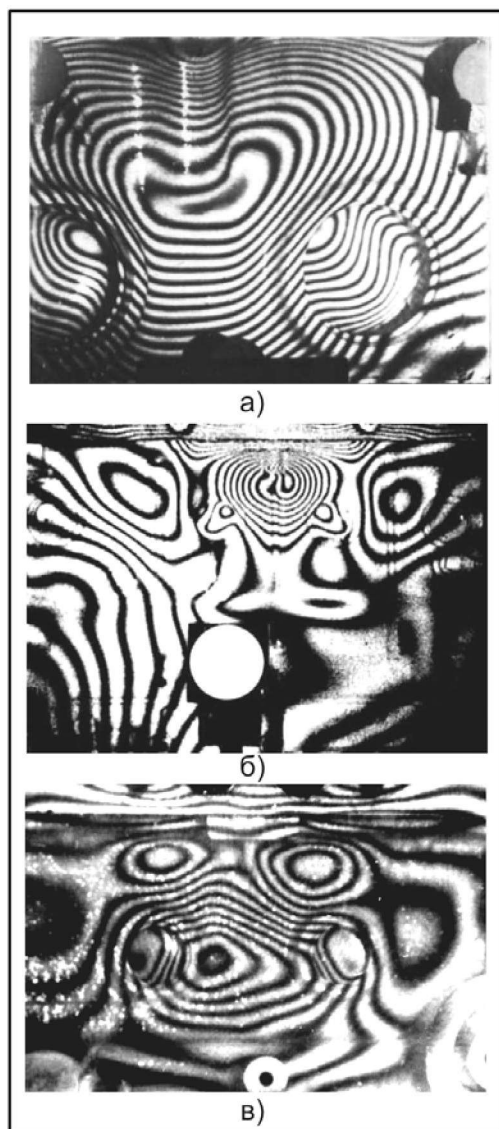


Рис.1. Интерферограммы деформирования блока цилиндров от затяжки крепежа  
а) ВАЗ 21083, б) ЗМЗ 406, в) МеМЗ 245

Общее геометрическое подобие интерферограмм, проявляющееся в виде системы замкнутых интерференционных полос, свидетельствует о сопоставимости общих геометрических параметров конструкций и характера взаимодействия элементов соединения при воздействии затяжки крепежа. Различия же в интерферограммах отражают особенности жесткостных характеристик каждой отдельной конструкции. Эти особенности деформирования могут служить хорошим критерием для

оценки оптимальности реализации блока цилиндров и верификации его математической модели. Но, кроме того, полученная информация позволяет установить, что максимумы поля перемещений однозначно связаны с расположением резьбовых отверстий крепежа по отношению к стенке блока цилиндров. Если ось резьбового отверстия смещена в сторону наружной поверхности блока, как например, это выполнено в двигателях ВАЗ 21083 и ЗМЗ 406, то максимум поля перемещений примыкает к нижней части прилива, в котором выполнено резьбовое отверстие (см. рис.1а и рис.1б). Смещение оси резьбового отверстия в сторону внутренней стенки блока приводит к сдвигу максимума поля перемещений к центру стенки блока, как это наблюдается на двигателе МеМЗ 245 (см. рис.1в). Кроме того, дополнительный анализ результатов измерений показывает, что незначительное изменение положения резьбового отверстия по отношению к стенке блока цилиндров изменяет направление вектора перемещений. Это наглядно видно на результатах математического моделирования деформации блока цилиндров от затяжки, даже при использовании простейшей конечноэлементной модели, как показано на рис.2.

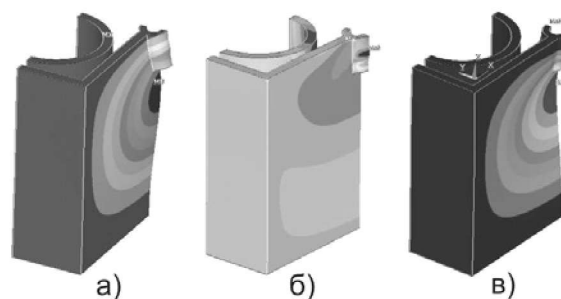


Рис.2. Поля нормальных перемещений поверхности блока цилиндров от затяжки крепежа при расположении оси крепежа  
а) на внешней стороне стенки блока, б) по середине стенки, в) на внутренней стороне стенки

Само по себе такое деформирование блока не может расцениваться как экстраординарное явление, несущее угрозу работоспособности конструкции. Но помимо технологических усилий на конструкцию двигателя действуют и нагрузки от рабочего давления. Характер деформирования блока цилиндров от такой нагрузки однотипен для всех рассмотренных двигателей и соответствует полю перемещений, наблюдаемому, например, у ДВС ВАЗ 21083, показанному на рис.3.

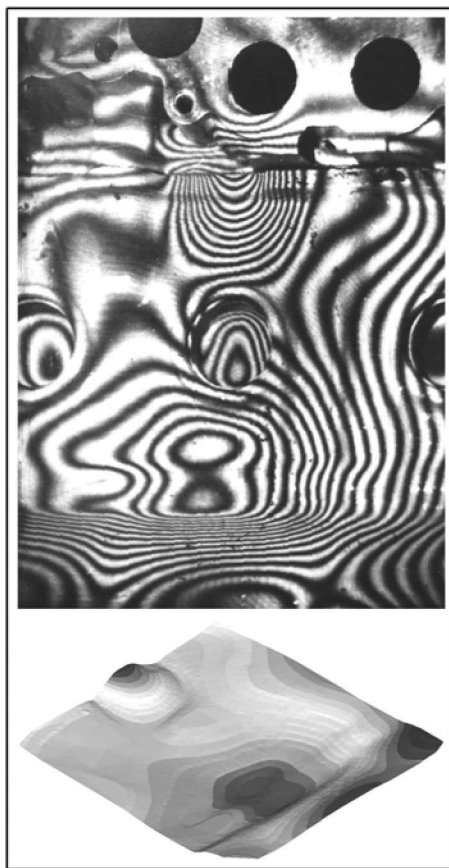


Рис.3. Интерферограмма (вверху) и поле нормальных перемещений наружной поверхности блока цилиндров ДВС ВАЗ 21083 при воздействии максимального давления в цилиндре

Учитывая, что при работе двигателя поля перемещений суммируются, можно предположить, что у рассмотренных двигателей ВАЗ и ЗМЗ происходит частичное компенсирование полей перемещений. Оси крепежных единиц выравниваются, поперечные усилия, действующие на крепеж, уменьшаются, что существенно облегчает их режим работы. Для двигателя МеМЗ наблюдается

обратная картина. Направления векторов перемещений от затяжки и внутреннего давления суммируются, оси крепежных единиц существенно искривляются, растут поперечные нагрузки, что создает предпосылки для внезапного разрушения крепежа головки блока цилиндров.

#### Выводы

Незначительные конструктивные изменения зон расположения крепежа головки и блока цилиндров могут вызывать существенные изменения работоспособности конструкции двигателя. При разработке тепловых поршневых машин с высоким уровнем конструктивного совершенства целесообразно проводить расчетно-экспериментальное исследование конструкции-прототипа лазерно-интерференционными методами в сочетании с методами математического моделирования для оптимизации геометрических параметров ГРС двигателя.

#### Список литературы:

1. Кесарийский А.Г. Голографические исследования работоспособности двигателей внутреннего сгорания / А.Г. Кесарийский // Когерентная оптика и голография. Труды XXV школы-симпозиума. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 1997г. – С.191 – 197.
2. Кесарийский А.Г. Голографические исследования деформации блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания / А.Г. Кесарийский // Авиационно-космическая техника и технология. – 1999. – Вып.9. Тепловые двигатели и энергоустановки – С. 335.
3. Кесарийский А.Г. Применение лазерно-интерференционных методов для исследования цилиндров поршневого двигателя / А.Г. Кесарийский // Двигатели внутреннего сгорания. . – 2004. – №1. – С.117-119.
4. Кесарийский А.Г. Лазерно-интерференционные исследования напряженно-деформированного состояния в технологии разработки ДВС / А.Г. Кесарийский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2005. – №2. – С.85-87.
5. Марченко А.П. Лазерно-интерференционные технологии в современных системах разработки ДВС / А.П. Марченко, А.Г. Кесарийский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2006. – №2. – С.131-135.

УДК 62-71: 536.24

Ю.Л. Мошенцев, канд. техн. наук, А.А. Гогоренко, инж., Д.С. Минчев, инж., В.Н. Антоненко, инж.

### ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ДИАГОНАЛЬНЫХ ПУЧКОВ ТРУБ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ МАСЛА ДВС

#### Введение

Современные кожухотрубчатые охладители масла (ОМ), применяемые для транспортных двигателей, должны обеспечивать необходимое сни-

жение температуры масла в системе при минимальных массах, габаритах и гидравлических сопротивлениях. Анализ существующих и применяемых теплообменников этого типа показывает, что